UNIDAD I: ECUACIONES DE ESTADO

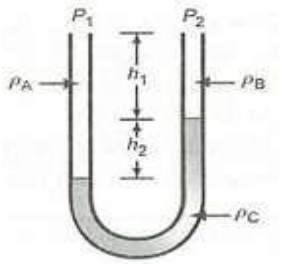
A.- MAGNITUDES FÍSICAS. SISTEMAS DE UNIDADES [5][6][7]

1.- Calcule la presión en lbf/pulg^2 abs y en kN/m^2 en el fondo de un tanque esférico completamente lleno de petróleo y cuyo diámetro mide 8,0 pies. La parte superior del tanque está abierta a la atmósfera con una presión absoluta de 14,72 lbf/in^2. La densidad del petróleo es 0,922 g/cm^3. **Respuesta**: 17,92 lbf/in^2; 123,5 kN/m^2.

2.- En el fondo de un tubo de ensayo abierto a la atmósfera se colocan 12,1 cm de Hg y encima 5,6 cm de agua a 20ºC. Calcule la presión absoluta en el fondo del tubo si la presión barométrica local es de 756 mm de Hg. Use la densidad de 13,55 g/cm^3 para el mercurio. Proporcione la respuesta en: [dina/cm^2]; [lbf/in^2]; [kN/m^2]. **Respuesta**: 1,175*l0^6 dina/cm^2; 17,0 lbf/pulg^2 abs; 117 kN/m^2.

3.- Se va a diseñar un laboratorio marino de 5,0 m de alto para que resista la inmersión a 150 m, medidos desde el nivel del mar hasta la parte superior del laboratorio. Calcule la presión en la parte superior del laboratorio marino y en el fondo del mismo. La densidad del agua de mar es 1020 kg/m^3.

4.- Se emplean tres líquidos distintos en el manómetro de la figura. (a) Derive una expresión para P_1 - P_2 en términos de ρ_A, ρ_B, ρ_C, h_1 y h_2. (b) Suponga que "A" es metanol, "B" es agua y "C" es un fluido manométrico con gravedad específica de 1,37. Calcule P_1, si P_2 = 121,0 kPa, h_1=30,0 cm, h_2=24,0 cm.



5.- El medidor de presión del condensador de una turbina de vapor indica una lectura de 26,2 in Hg de vacío. La lectura del barómetro es 30,4 in Hg. Calcule la presión absoluta dentro del condensador en las siguientes unidades: [psia]; [cm H_2O]; [kPa].

6.- Se requiere enviar agua de un lago a un tanque de almacenamiento atmosférico situado unos 148 ft por encima de la superficie. Se propone utilizar una bomba centrífuga cuya máxima presión de descarga es 50 psig. ¿Es apropiada la bomba?

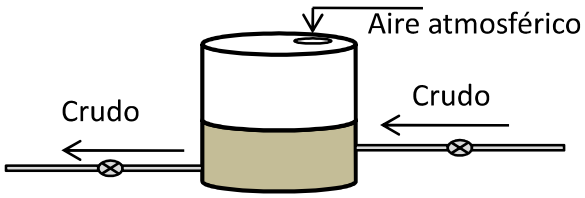
7.- La velocidad lineal de una corriente de un líquido, medida con un tubo Pitot, viene dada por la siguiente expresión: $v = (2* P/\rho)^{1/2}$. Si la caída de presión es de 15 mmHg y la densidad del fluido es 1,20 g/cm^3, calcule la velocidad en ft/s.

8.- La densidad de un fluido se expresa según: $\rho=\rho o*\exp(\beta*P)$. Calcule la densidad [kg/m^3] a 15 MPa para un líquido de parámetros ρo=70,5 lbm/ft^3 y B=8,27*10^{-7} psia^{-1}.

9.- El acero tiene una gravedad específica de 7,9. Para un lingote de 400 lbm, calcule su volumen [ft^3] y la presión [lbf/in^2] ejercida sobre un disco de 1 pulgada de diámetro.

10.- Un avión supersónico consume 5320 galones imperiales de queroseno por hora de vuelo, y vuela un promedio de 14 horas diarias. Se requieren casi 7 toneladas de petróleo crudo para producir una tonelada de queroseno. La densidad del queroseno es 0,965 g/cm^3. ¿Cuántos aviones serían necesarios para consumir en su totalidad una producción anual de $4{,}02*10^9$ toneladas métricas de crudo?

11.- Un tanque de almacenamiento atmosférico de petróleo crudo tiene la forma de un cilindro circular recto. El tanque tiene 20 m de alto y 2000 m^3 de capacidad. El volumen específico del crudo es 0,0015 m^3/kg. A las 10,00 a.m del 16 de junio, el tanque contiene 1000 m^3 y se empieza a bombear petróleo crudo dentro del tanque desde una tubería a razón de 530 gal/min. El petróleo se extrae del tanque a una tasa de 64 ton/h mediante otra tubería, para despacharlo hacia un buque. ¿Cuál será la altura del petróleo dentro del tanque al mediodía del 17 de junio? ¿Cuál sería la presión total sobre el fondo del tanque?



12.- El número de Reynolds es un grupo adimensional de amplio uso en los cálculos para flujo a través de tuberías, y se define de la siguiente forma: $Re=D*v_x*\rho/\mu$. Por una tubería de 2,067 pulgadas de diámetro interno fluye metil etil cetona (MEK) líquida a una velocidad promedio de 0,10 ft/s. Si la temperatura del fluido es 20ºC, la densidad es 0,805 g/cm^3 y la viscosidad es $0{,}43*10^{-3}$ kg/(m*s), determine el número de Reynolds.

D	Diámetro interno	[m]	[ft]
v_x	Velocidad lineal	[m/s]	[ft/s]
ρ	Densidad	[kg/m^3]	[lbm/ft^3]
μ	Viscosidad Absoluta	[kg/(m*s)]	[lbm/(ft*s)]

13.- Tolueno líquido fluye por una tubería a 20ºC, con una velocidad volumétrica de 150 m^3/h. Calcule para esa corriente el flujo másico [kg/s] y el flujo molar [lbmol/min].

14.- Una solución contiene 1,704 lbm de HNO_3 por cada libra de agua y su peso específico relativo es de 1,382 a 20ºC. Exprese la composición a 20ºC de las siguientes formas: (a) porcentaje en peso de HNO_3. (b) Fracción molar de HNO_3. (c) Libras de HNO_3 por galón de disolución. (d) Molaridad.

15.- Una solución acuosa de NaOH, 30% en peso, tiene un punto de ebullición normal de 239ºF. Para diseñar un evaporador, se requiere determinar la elevación del punto de ebullición de la solución con respecto al agua pura. Exprese el resultado en [ºC] y [ºF].

16.- Se requiere enfriar en 200ºF una corriente de vapor de agua a 250ºC que fluye a través de un intercambiador de calor. Determine la temperatura final en [K].

17.- Propano a 540ºR se enfría unos 20ºC. Exprese su temperatura final en [K].

18.- Una corriente líquida de una mezcla benceno-tolueno fluye a una temperatura de 27ºC, y debe precalentarse en 90ºF para su posterior separación en una unidad de destilación. Exprese la temperatura del destilador en [ºC] y [K].

19.- A las 13,30 del 04 de enero de 2012, se registró una temperatura de 77ºF en la ciudad de Mérida, mientras que en Cumaná la lectura fue de 86ºF. Calcule la diferencia de temperatura [ºC] entre ambas ciudades.

20.- La temperatura normal del cuerpo humano es 37,0ºC. Un niño tiene una temperatura 4ºF por encima de ese valor. ¿Tiene fiebre? (Considere fiebre si T>38,0ºC).

21.- Un depósito contiene G.N.L (gas natural licuado) a 111 K. Ocurre una falla en el sistema de refrigeración y su temperatura aumenta a razón de 0,15ºF/min. Calcule la temperatura [K] luego de 5 horas y media.

22.- La conductividad térmica, k_T, del mercurio a 20ºC es 8,44866 W/(m* K). Exprese la conductividad en BTU/(ft* ºF).

23.- El calor específico de los sólidos suele reportarse según el siguiente modelo:

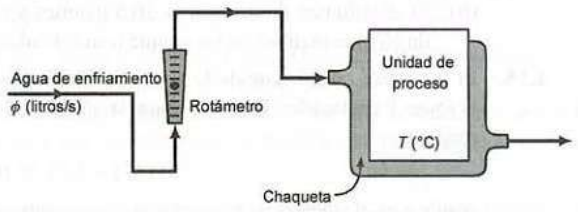
$$\frac{Cp}{M \quad R} = A + B \quad \theta + D \quad \theta^{-2}$$

donde R es la constante universal de los gases; M el peso molar; $\theta = \frac{T}{100\ K}$; y A, B, D son constantes empíricas que dependen del material. Calcule el calor específico del cobre metálico a 60ºF, si: A=2,677; B=0,0815; C=0,35.

24.- La transferencia de calor para líquidos incompresibles puede aproximarse según el siguiente modelo matemático: Q=m*Cp* T. Determine la pérdida de calor para un flujo de 10 g.p.m (gal US/min) de agua que circula continuamente por una torre de enfriamiento con un rango de 10ºF. Para el agua líquida, Cp=4,184 kJ/(kg)(ºC).

Q'	Transferencia de calor	[kJ/s]	[BTU/h]
m'	Flujo másico	[kg/s]	[lbm/h]
Cp	Calor específico	[kJ/(kg* ºC)]	[BTU/(lbm* ºF)]
T	Variación de Temperatura	ºC	ºF

25.- Un equipo de proceso se encuentra envuelto en una chaqueta de enfriamiento por la cual circula agua. La relación entra la temperatura T [ºC] y el flujo de agua ø [L/s] está dada por la siguiente correlación empírica: log T=A + B*log ø. Calcule los galones por minuto requeridos para mantener el equipo en 300ºF, si sus parámetros característicos son A=3,9867; B= -1,19066. Advierta que la ecuación no es dimensionalmente homogénea (*¿por qué?*), así que debe evaluar las variables en las unidades indicadas.



B.- GASES IDEALES [1][3][15][16]

26.- Una muestra de argón se almacena a 0ºC y 15 bar. Calcule: a) Volumen molar [cm^3/gmol]; b) Volumen específico [f^3/lbm]; c) Densidad [g/L].

27.- Calcule la densidad del vapor de agua en su punto normal de ebullición. Compare el resultado con el valor tabulado de 0,59766 kg/m^3.

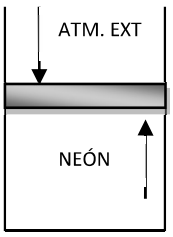
28.- Un globo esférico de 18 ft de diámetro se llena con helio a 68ºF y 30 psia. Calcule el número de moles y la masa de gas en el globo. **Respuestas**: 16,178 lbmol; 29,37 kg.

29.- Una esfera metálica hueca de 6 pulgadas de diámetro interno se llena a 80ºF con un gas desconocido hasta una presión de 110 lbf/in^2. Utilizando una balanza granataria, se registró una diferencia en masa de 0,005 lbm. Determine el peso molar e identifique el gas, sabiendo que es una sustancia pura.

30.- Un recipiente de 5 L contiene 1 gramo de hidrógeno a 24ºC. Calcular: a) La presión del gas; b) La cantidad de hidrógeno que se ha dejado salir cuando la presión es de 780 mmHg y la temperatura ha disminuido a 19ºC. **Respuestas**: a) 2,416 atm; b) 0,568 g.

31.- Un cilindro vertical con un diámetro de 150 mm tiene montado un pistón sin fricción cuya masa es 6 kg, y contiene 4000 cm^3 de gas neón. La presión atmosférica exterior es 98 kPa. Calcule la masa de Neón almacenado, si la temperatura es 0 ºC.

A menos que se indique lo contrario, asuma siempre que los sistemas cilindro-pistón ***sin fricción*** siguen la configuración de la figura.



Pistón sin fricción.

*En la superficie del pistón se cumple el equilibrio mecánico, ya que no actúan fuerzas adicionales.

32.- Se utiliza una bomba para evacuar una cámara donde se seca un producto a 50ºC. La bomba tiene una tasa de flujo de 0,5 m^3/s de vapor de agua para una presión de vacío de 90 kPa en la entrada. ¿Cuántos libras de vapor se han eliminado luego de 30 min?

33.- Un matraz de 1,0 L se llena a 20ºC con 1,250 g de N_2; 0,250 g de H_2 y 0,500 g de O_2. Determine la presión total y las presiones parciales, en milímetros de mercurio.

34.- Se inyecta una mezcla de 100 gramos de propano y 400 gramos de oxígeno a un dispositivo cilindro pistón sin fricción. El oxígeno se encuentra en exceso. Determine el porcentaje de expansión del pistón, si se enciende una chispa para que ocurra la siguiente reacción de combustión a 1,50 bar y 30ºC: C_3H_8 (g) + 5 O_2 (g) →3 CO_2 (g) + 4 H_2O (l).

35.- El aire atmosférico es una mezcla de vapor de agua (A) y aire seco (B). Se tiene 1 m^3 de aire atmosférico a 60ºF. Si la presión parcial del vapor es 10 mmHg, calcule las libras de agua.

36.- El monóxido de carbono es tóxico para el ser humano: se disuelve en la sangre reaccionando con el oxígeno transportado por la hemoglobina. Su concentración en el aire no debe exceder un 0,40% v/v. Exprese este valor en [mg/m^3] a 30ºC.

37.- La presión en una llanta de automóvil depende de la temperatura del aire en la llanta. Cuando la temperatura es 80ºF, el manómetro registra 210 kPa. Si el volumen de la llanta es 0,025 m^3, calcule: a) el aumento de la presión [psia] cuando la temperatura en su interior aumenta a 50ºC; b) los gramos de aire que deben sacarse para regresar la presión a su valor original a esta temperatura. La presión atmosférica local es 100 kPa.

38.- Un termo doméstico contiene agua. Las dimensiones del recipiente son D=22 cm y H=30 cm. Al inicio estaba completamente lleno de agua; luego se vacía un poco, disminuyendo en 10 cm el nivel de líquido. Se abre entonces la tapa superior y se deja que entre aire; luego vuelve a cerrarse el envase. Finalmente se sigue drenando el agua del recipiente por la válvula del fondo hasta retirarla completamente, de forma que el aire va ocupando el espacio desalojado. La temperatura se mantiene constante en 30ºC. Calcule:

a) La presión total ejercida sobre el fondo del recipiente cuando se cerró la tapa y el agua ocupaba una altura de 20 cm.

b) La presión a la cual se encontraba el aire luego de retirar todo el líquido.

39.- Un tanque rígido se divide en dos partes no iguales, separadas por una membrana delgada. Un compartimiento, que representa 1/3 del tanque, contiene nitrógeno a 6 bar y 0ºC, mientras que el otro se encuentra vacío. La membrana se rompe y el gas se expande isotérmicamente contra el vacío. Determine la presión final y analice el resultado.

40.- En un laboratorio a 20ºC y 744 mmHg se realiza el procedimiento experimental del método de Dumas para la determinación del peso molecular de una sustancia pura. Un matraz se llena con aire (ρ=1,174 g/L), pesando 32,891 g. Se introduce una muestra de un líquido orgánico (punto de ebullición normal: 329,2 K) y se calienta manteniendo el matraz en un baño de agua a 95ºC. El matraz se sella cuando deja de salir vapor por el capilar y se deja enfriar a temperatura ambiente, pesando ahora 32,996 g. Finalmente, se llena el matraz completamente con agua líquida (ρ=0,9982 g/cm^3) y se pesa, registrándose un valor de 181,423 g. Identifique la sustancia pura.

C.- ECUACIÓN GENERALIZADA [3][5][8][14]

41.- Calcule la densidad [kg/m^3] del vapor de tolueno a 400 kPa y 350ºF, así como las libras de vapor que se pueden almacenar a esas condiciones en un depósito de 30 ft^3.

42.- Calcule el volumen específico del agua a 10 MPa y 400ºC usando: a) la ecuación de gas ideal; b) la ecuación generalizada. Determine el % Er implicado en ambos casos, con respecto al valor de 0,02641 m^3/kg según las tablas termodinámicas.

43.- Determine la presión requerida para que el nitrógeno tenga un volumen de 0,002388 m^3/kg a 150 K. Emplee: a) La ecuación de gas ideal; b) La ecuación generalizada. Compare estos resultados con el valor experimental de 10 MPa.

44.- Vapor sobrecalentado de R12 (diclorodifluorometano) ocupa un volumen de 0,1470 ft^3/lbm a 300 psia. Calcule la temperatura según: a) la ecuación de gas ideal; b) la ecuación generalizada. Compare con el valor experimental de 200ºF.

45.- Un tanque de 2,5 m^3 se mantiene refrigerado a -40ºC. Inicialmente contiene 200 lbm de metano; luego se carga más gas, incrementando la presión en 800 kPa. Determine: a) La presión inicial del tanque; b) La cantidad de gas metano añadida.

46.- Un cilindro de 10,0 ft^3 almacena 100 lbm de CO_2. Si la máxima presión de operación permisible (M.A.W.P en inglés) es 1600 psig, estime la temperatura límite [ºF].

47.- El metano es uno de los principales componentes del gas natural, usado como fuente de energía debido a sus propiedades caloríficas. Se sabe que 140 pies cúbicos estándar de metano equivalen a 1 gal de gasolina como combustible para el motor de un automóvil. ¿Cuál será el volumen necesario para almacenar a 3000 psia y 60ºF una cantidad de metano equivalente a l0 gal de gasolina? Compare el volumen específico calculado para el metano a las condiciones de almacenamiento con el valor experimental de 0,00588 m^3/kg.

48.- Un tanque de 10 pies cúbicos contiene CO a 60ºF y 1000 psig. Este tanque se conecta a otro contenedor de capacidad desconocida, que contiene el mismo gas a 60ºF y 14,7 psia. Se deja que ambos tanques alcancen una condición de equilibrio a 650 psig y 60ºF. Determine la capacidad del segundo tanque y la densidad del gas en el equilibrio.

49.- Una planta de síntesis de polipropileno compra propano a 0,60 $ por kilogramo. El propano se transporta por un gasoducto y se recibe en la planta a razón de 400 m^3/h a 86ºF y 70 psig. Calcule cuántos dólares se pagan mensualmente por el propano.